हवामान बदल : कारणे, परिणाम व उपाय

Vijay Edlabadkar
vijay.janavigyan@gmail.com

या वर्षीच्या उन्हाळ्यात भारत आणि पाकिस्तानात उष्णतेने कहर केला. मार्च-एप्रिल या काळात तापमानाने या पूर्वीचे सर्वच उच्चांक तोडले. नासाच्या एका अभ्यासानुसार या उष्णतेच्या लाटेमध्ये या भागातील सरासरी तापमान ८ ते १० डिग्री सेलसीयस ने वाढलेले होते. काही अभ्यासकांच्या मते अशा प्रकारच्या घटनेची शक्यता जी औद्योगिकरणाच्या काळापूर्वी ३००० वर्षात एकदा होती ती आता १०० वर्षात एकदा झालेली आहे. भारताच्या पूर्व किनाऱ्यावर ओरिसा-आंध्रच्या समुद्र किनारपट्टीवर २०२०-२०२१ या काळात गुलाब, तौक्ते, यास, निसर्ग, अमफन, क्यार, महा या ७ चक्री वादळांनी प्रचंड नुकसान केले. मागील २० वर्षात अशा प्रकारे टोकाच्या नैसर्गिक घटना भारतातच नव्हे तर संपूर्ण जगामध्ये अनुभवाला येत आहेत. वर्ल्ड एकॉनॉमिक फोरमच्या अभ्यासानुसार जगात गेल्या २० वर्षात अशा प्रकारच्या ७३४८ नैसर्गिक आपत्तींच्या नोंदी झाल्या आहेत. म्हणून अभ्यासक हा जागतिक हवामान बदल आहे या निष्कर्षावर आलेले आहेत.

हवामान बदल म्हणजे काय?

हवामान बदल म्हणजे तापमान आणि हवामानातील दीर्घकालीन बदल. बऱ्याच लोकांना असे वाटते की हवामानातील बदल म्हणजे मुख्यतः उष्ण तापमान. परंतु तापमान वाढ ही केवळ सुरुवात आहे. **हवामान बदलाच्या अनेक परिणामांमध्ये** तीव्र दुष्काळ, पाण्याची टंचाई, भीषण आग, समुद्राची वाढती पातळी, पूर, ध्रुवीय बर्फ वितळणे, मोठी हानी करणारी वादळे आणि घटती जैवविविधता यांचा समावेश आहे.

पृथ्वी ही अनेक घटकांची मिळून बनलेली एक प्रणाली आहे व ते सर्व घटक एकमेकांशी जोडलेले आहेत. त्यामुळे एका घटकातील बदलाचा इतर सर्व घटकांवर प्रभाव पडतो.

साधारण सन 1800 पासून, **मानवाचे भौतिक व्यवहार हवामान बदलाचे मुख्य कारण झाले आहे. यात** मुख्यत्वाने कोळसा, तेल आणि वायू या सारख्या जीवाश्म इंधनांच्या ज्वलनामुळे या बदलांचा वेग वाढला आहे. (पहा चौकट १). जीवाश्म इंधन जाळल्याने हरितगृह वायू उत्सर्जन होते. हरितगृह वायू मध्ये कार्बन डायऑक्साइड आणि मिथेन यांचा समावेश होतो. हे पेट्रोलियम पदार्थ व कोळसा यांच्या जाळण्यामुळे जसे निर्माण होतात तसेच जमीन आणि जंगले साफ केल्याने देखील कार्बन डायऑक्साइड हवेत सोडल्या जाऊन हरितगृह वायू चे प्रमाण वाढते. कचऱ्याचे व्यवस्थापन करताना तो जमिनीत पुरून टाकणे ह्या पर्यायाचा अनेक ठिकाणी

अवलंब केल्या जातो. त्यातून मोठ्या प्रमाणात मिथेनचे उत्सर्जन होते. हा मिथेनचा प्रमुख स्त्रोत आहे. अशा प्रकारे उत्सर्जित होणाऱ्या या वायूंचे आवरण पृथ्वीभोवती निर्माण होऊन ते अधिक दाट होते आहे. हे आवरण सूर्यापासून पृथ्वीवर पडणाऱ्या उष्णतेला पुनः परावर्तित होण्यात अडसर निर्माण करते. अशा प्रकारे ही उष्णता पृथ्वीच्या वातावरणात बंदिस्त होऊन परिणामतः पृथ्वीचे तापमान वाढवते. **हरितगृह वायूंचे प्रमाण दशलक्ष** वर्षात सर्वोच्च पातळीवर पोहोचले आहे.

मानवाचे भौतिक व्यवहार ज्यातून हरितगृह वायू वातावरणात उत्सर्जित होतात त्यांच्या अभ्यासातून असे दिसते की १. उर्जेचा वापर, २. विविध उद्योग, ३. वाहतूक, ४. बांधकाम, ५. शेती आणि ६. जमीन वापर हे हरितगृह वायूचे सहा **मुख्य उत्सर्जक आहेत. (पहा आकृती १)**

एकविसाव्या शतकात हे **उत्सर्जन सतत वाढतेच आहे** (पहा आकृती २). परिणामी, 18 व्या शतकाच्या उत्तरार्धाच्या तुलनेत **पृथ्वी चे तापमान हे सुमारे 1.1°C अधिक झाले आहे.** गेले **दशक म्हणजे 2011-2020 हा काळ आता पावेतो सर्वात उष्ण होता.**

 हवामानबदलास कारणीभूत असलेले उत्सर्जन जगाच्या प्रत्येक भागात होते आणि त्याचा परिणाम सर्वांवर होणार आहे. तथापि **काही देश इतरांपेक्षा कितीतरी जास्त** उत्सर्जन **करतात.** (पहा आकृती ३) कमी उत्सर्जन करणारे 100 देश निवडल्यास त्यांचे सर्व मिळून उत्सर्जन एकूण उत्सर्जनाच्या 3 टक्केच आहे. सर्वात जास्त उत्सर्जन करणारे 10 देश 68 टक्के उत्सर्जन करतात. प्रत्येकानेच हवामानाबाबत कृती करणे आवश्यक आहे हे तर खरे आहे. परंतु **असे देश व तेथील लोक जे जास्त** उत्सर्जन करतात त्यांचेवर या प्रश्नासाठी कृती करण्याची व पुढाकार घेण्याची जबाबदारी अधिक आहे. या आकृती मधून असे स्पष्ट दिसते की अमेरिकेचे उत्सर्जन जे २१ व्या शतकाच्या सुरवातीला सर्वात अधिक होते व ती पातळी जवळपास स्थिर आहे. या उलट चीनचे उत्सर्जन जे सुरवातीला बरेच कमी होते ते वेगाने वाढून २००४ साली अमेरिकेच्या पातळीवर येऊन २०१८ ला अमेरिकेच्या दुपटीपेक्षा अधिक झालेले आहे व भारत देखील चीन व अमेरिकेनंतर तिसऱ्या क्रमांकावर आहे.

<u>लोक विविध प्रकारे हवामान बदल अनुभवत आहेत</u>

हवामान बदलामुळे आपले आरोग्य, अन्न उत्पादन क्षमता , निवारा, सुरक्षितता आणि काम या सर्वांवर परिणाम होऊ शकतो. आपल्यापैकी काही लोक हवामानाच्या परिणामांच्या दृष्टीने आधीच अधिक असुरक्षित आहेत. त्यात लहान बेटांवरील आणि इतर विकसनशील देशांमध्ये राहणाऱ्या लोकांचा समावेश होतो. समुद्राच्या पातळीत वाढ आणि खाऱ्या पाण्याचे गोड्या पाण्यात मिसळणे या सारख्या परिस्थितीने प्रभावित होणाऱ्या संपूर्ण समुदायाला स्थलांतरित करावे लागले. प्रदीर्घ दुष्काळामुळे लोकांना उपासमारीचा धोका निर्माण झाला आहे. भविष्यात, "हवामान निर्वासितांची" संख्या वाढण्याची शक्यता आहे.

जागतिक तापमानात होणारी प्रत्येक लहान वाढ महत्त्वाची आहे

जागतिक तापमान वाढ कुठवर सह्य होईल हा महत्वाचा प्रश्न आहे. तेंव्हा ही वाढ 1.5°C पर्यंत मर्यादित ठेवल्यास हवामानातील सर्वात वाईट परिणाम टाळणे आणि मानवाला सुसह्य असणारे हवामान राखणे शक्य होईल यावर संयुक्त राष्ट्रांचे या विषयावरील अहवाल तयार करणाऱ्या हजारो शास्त्रज्ञ आणि सरकारी समीक्षक यांचे एकमत आहे. पण तरीही सध्याच्या विविध देशांच्या राष्ट्रीय हवामान योजनांच्या आधारे अंदाज केल्यास असे दिसते की या शतकाच्या अखेरीस जागतिक तापमान 3.2°C पर्यंत वाढेल. हे भयावह आहे.

जगा समोरील हे आव्हान मोठे असले तरी त्यावरील अनेक उपायांबाबत आधीच विचार होऊन शोध घेतल्या गेलेले आहे. पर्यावरण रक्षण आणि हवामान बदलावरील उपाय हे विकासाला बाधा ठरतात असा एक सूर असतो. पण या चुकीच्या समजाला छेद देत पर्यावरण रक्षण व वर म्हटल्या प्रमाणे शोधलेल्या हवामान बदलावरील उपाय योजना विकासाच्या आड येणार नाहीत. या दृष्टीने संयुक्त राष्ट्र संघाने निश्चित केलेली शाश्वत विकासाच्या उद्दीष्टांची यादी, संयुक्त राष्ट्रांचे फ्रेमवर्क कन्व्हेन्शन ऑन क्लायमेट चेंज आणि पॅरिस करार या सारखे दस्तऐवज या योजनांचे पथदर्शक असतील. महत्वाचे म्हणजे शाश्वत विकासाच्या उद्दीष्टांच्या यादीत औद्योगिकीकरणाला प्रोत्साहन, पायाभूत सुविधा, रोजगारवाढ, आर्थिक वाढ, ऊर्जेचा वापर, गरिबी संपवणे व जागतिक अन्न सुरक्षा या सारखे विकासाचे मुद्दे असून देखील हवामान बदला वरील सुचविण्यात आलेल्या योजना या मुदद्यांच्या आड येणार नाही याची खात्री दिल्या गेली आहे. विकासाच्या मार्गावर आपण आपल्या जीवनमानात सुधारणा करीत असताना, पर्यावरण संरक्षण करीत राहून देखील हवामान बदलावरील उपाय आपल्याला आर्थिक लाभ मिळवून देऊ शकतात.

या उपाय योजना तीन श्रेणीत विभागता येतील :

1. **उत्सर्जन कमी करणे** - जीवाश्म इंधनाऐवजी सौर किंवा पवन ऊर्जा सारख्या अक्षय्य ऊर्जा प्रणाली स्वीकारल्याने वातावरणातील बदल घडवून आणणारे उत्सर्जन कमी होईल. पण त्यासाठी आत्तापासूनच सुरुवात करावी लागेल. या कारणासाठी एकत्र येणाऱ्या देशांची संख्या वाढते आहे व हे एकत्र आलेले देश सन 2050 पर्यंत निव्वळ उत्सर्जन शुन्य करण्यासाठी वचनबद्ध आहेत. यासाठी तापमानवाढ 1.5° सेल्सिअसच्या खाली ठेवण्यासाठी 2030 पर्यंत उत्सर्जनात सुमारे अर्धी कपात करणे आवश्यक आहे. तसेच २०२० ते २०३० चे दरम्यान जीवाश्म इंधनाचे उत्पादन दर वर्षी अंदाजे ६ टक्क्यांनी घटले पाहिजे.
2. **हवामानाच्या परिणामांशी जुळवून घेणे** - हवामानाच्या परिणामांना सामोरे जाण्यासाठी आवश्यक बदल केल्यावरच लोक, त्यांच्या वस्त्या , व्यवसाय, उपजीविका, पायाभूत सुविधा

आणि नैसर्गिक परिसंस्था यांचे संरक्षण होईल. यात सद्यस्थितीतील परिणाम तसेच भविष्यातील संभाव्य परिणामांचा समावेश आहे. यात होणारा लाभ निश्चितच जास्त असेल. उदाहरणार्थ, आपत्तींसाठी प्रारंभिक चेतावणी-प्रणाली जीव आणि मालमत्ता वाचवेल आणि सुरुवातीच्या खर्चाच्या 10 पट लाभ देऊ शकेल. संभाव्य परिणाम टाळण्यासाठी अनुकूलन सर्वत्रच आवश्यक असेल, परंतु हवामानाच्या धोक्यांचा सामना करण्यासाठी सर्वात कमी संसाधने असलेल्या सर्वात असुरक्षित लोकांसाठी आता प्राधान्य द्यायला हवे.

3. **आवश्यक समायोजनांना वित्तपुरवठा करणे.** हवामान कृतीसाठी सरकार आणि व्यवसायांद्वारे महत्त्वपूर्ण आर्थिक गुंतवणूक आवश्यक आहे. कारण हवामान बदलाबाबत निष्क्रियता खूपच महाग पडणारी आहे. औद्योगिक देशांनी विकसनशील देशांना वर्षाला $100 अब्ज पुरविण्याची त्यांची वचनबद्धता पूर्ण करणे हे एक महत्त्वाचे पाऊल आहे. हे झाल्यास विकसनशील देश परिस्थितीशी जुळवून घेऊ शकतील आणि हरित अर्थव्यवस्थेकडे वाटचाल करू शकतील

(हा लेख इंटरनेट वरील संयुक्त राष्ट्रसंघाच्या साइट्स, इंटर गव्हरमेंटल पॅनेल ऑन क्लायमेट चेंज (IPCC) अहवाल व GlobalWatch यावर सार्वजनिक कलेल्या माहितीवर आधारित आहे)

*****

चौकट १

इंटर गव्हरमेंटल पॅनेल ऑन क्लायमेट चेंज (IPCC) अहवाल ९ ऑगस्ट २०२१ ला प्रसिद्ध झाला आहे. यानुसार हवामानात दिसून आलेले अनेक बदल हे शेकडो हजारो वर्षात जरी नाही तरी हजारो वर्षात घडलेले अभूतपूर्व बदल आहेत, आणि काही बदल तर आधी पासूनच सुरू आहेत – उदा .समुद्र पातळी सतत वाढणे जे शेकडो ते हजारो वर्षांत देखील उलटवता येणार नाहीत. अहवालात असे म्हटले आहे की येत्या काही दशकांत सर्व प्रदेशांमध्ये हवामानातील बदल वाढतील.

जागतिक तापमान 1.5°C वाढल्यास उष्णतेच्या लाटा वाढतील, जास्त काळ उष्ण ऋतू आणि कमी काळ थंड हंगाम असतील. तापमान 2°C ने वर गेल्यास , उष्णतेचे प्रमाण अधिक काळ असेल जे   कृषी आणि आरोग्यासाठी सहनशीलतेच्या बाहेर जाईल.

पण हे फक्त तापमानापुरते मर्यादित नाही. हवामानातील बदलामुळे विविध प्रदेशांमध्ये अनेक बदल होत आहेत - जे पुढील तापमानवाढीसह वाढतील. यामध्ये आर्द्रता आणि कोरडेपणा, वारे , बर्फ आणि हिमवृष्टी, समुद्र किनारा आणि महासागर या सर्वांमधील बदल समाविष्ट आहेत. उदाहरणार्थ:

 हवामान बदलामुळे जलचक्र अधिक तीव्र होत आहे. यामुळे तीव्र पाऊस आणि पूर येतील तसेच अनेक प्रदेशांमध्ये तीव्र दुष्काळ पडतील.

 हवामानातील बदलाचा पर्जन्यमानावर परिणाम होतो आहे. उच्च अक्षांशांमध्ये पर्जन्यवृष्टी वाढण्याची शक्यता आहे, तर उपोष्णकटिबंधीय क्षेत्राच्या मोठ्या भागांमध्ये कमी होण्याचा अंदाज आहे. मान्सून पर्जन्यमानात बदल अपेक्षित आहे व हा बदल प्रदेशानुसार वेगळा असेल.

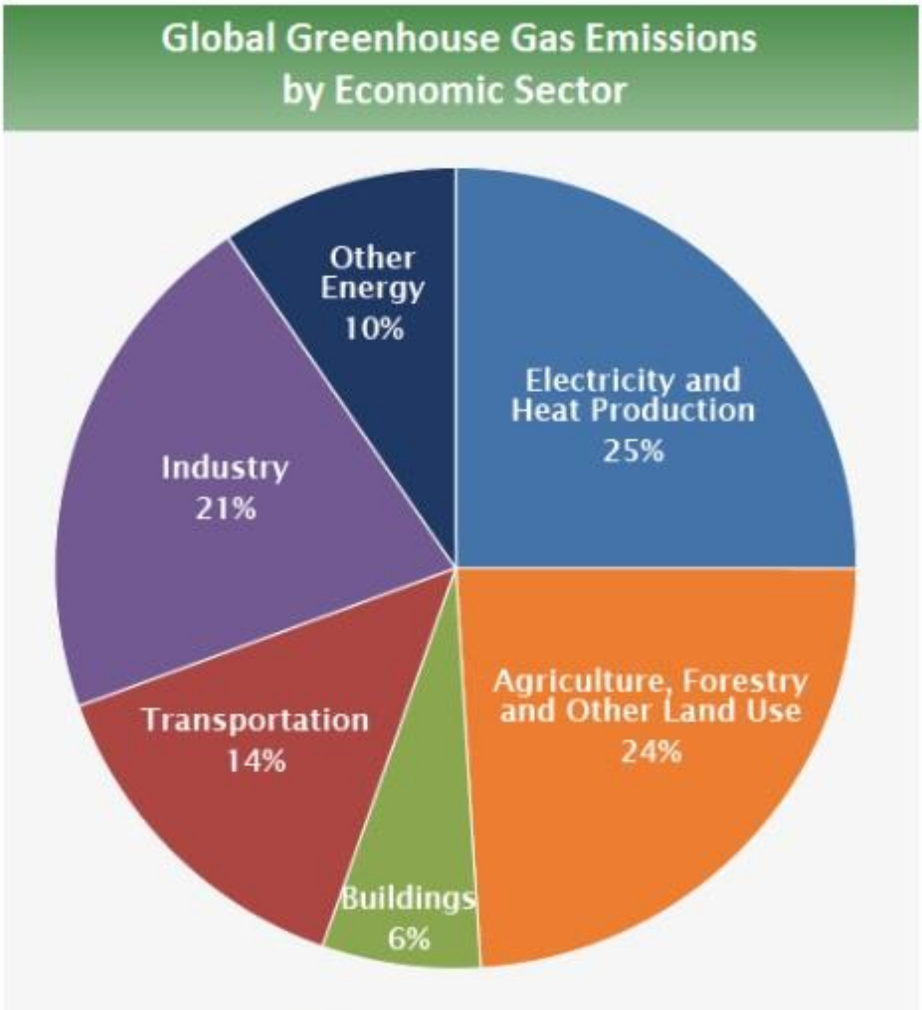
 समुद्र किनाऱ्या वरील भागात 21 व्या शतकात समुद्राच्या पातळीत सतत वाढ होणार आहे, ज्यामुळे सखल भागात अधिक वारंवार पूर येतील आणि किनारपट्टीची धूप होईल. 100 वर्षांतून एखादे वेळी घडणाऱ्या समुद्रसपाटीवरच्या घटना या शतकाच्या अखेरीस दरवर्षी घडू शकतात.

 या पुढील तापमानवाढीमुळे ध्रुवीय प्रदेशावरील कायम गोठलेली जमीन (Permafrost) वितळणे, आणि हंगामी बर्फाचे आवरण नष्ट होणे, हिमनद्या आणि बर्फाचे आवरण वितळणे आणि उन्हाळ्यात आर्क्टिक समुद्रातील बर्फाचे आवरण नष्ट होईल.

 समुद्रातील बदल जसे की समुद्री तापमानवाढ, वारंवार सागरी उष्णतेच्या लाटा, महासागरातील आम्लीकरण आणि कमी झालेली ऑक्सिजन पातळी ह्या सर्व बाबी मानवी क्रियाकलापांशी स्पष्टपणे जोडलेल्या आहेत. हे बदल सागरी परिसंस्था आणि त्यांच्यावर अवलंबून असणारे लोक या दोघांवरही परिणाम करतील आणि हे या शतकाच्या किमान उर्वरित काळात चालू राहील.

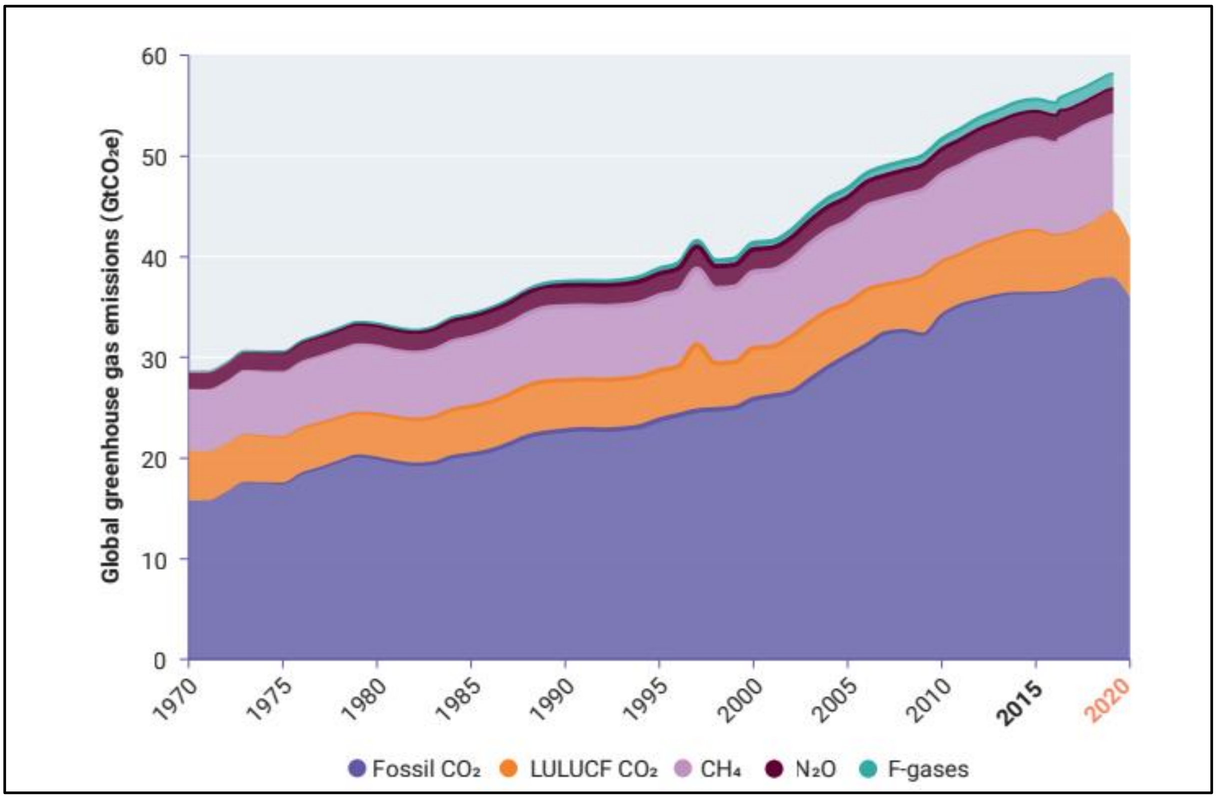
 शहरांमध्ये वातावरण बदलाचे काही पैलू वाढतील, जसे की तापमानवाढ (शहरी भाग सहसा त्यांच्या सभोवतालपेक्षा जास्त उष्ण असतात), अतिवृष्टीमुळे पूर येणे आणि समुद्र किनाऱ्यावरील शहरांमध्ये समुद्र पातळी वाढणे.

आकृती १ - मानवाच्या भौतिक व्यवहारातून उत्पन्न होणारे प्रमुख हरित वायु उत्सर्जन.
(स्त्रोत - IPCC 2014 : Based on global emission from 2010. *Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* मधून साभार)



आकृती २ - सर्व प्रकारच्या स्त्रोता पासून जागतिक हरित वायू उत्सर्जन १९७०- २०२०.

(स्त्रोत - United Nations Environment Programme (2021). Emissions Gap Report 2021: The Heat Is On - A World of Climate मधून साभार)



(1 GtCO2e means equivalent to 1 gigatons of CO_2,

1 gigaton = 1000,000,000 tons)

आकृती ३ : जागतिक हरितगृह वायूचे एकूण उत्सर्जन - देश व वर्षानुसार

(स्त्रोत- Globalwatch : Data source CAIT मधून साभार)

